

## 特殊采煤与矿区环境治理

## 厚煤层矸石充填综采工艺的研究与应用

陈勇<sup>1,2</sup>, 邢天海<sup>1</sup>, 李振安<sup>1</sup>, 刘钦峰<sup>1</sup>, 吕同建<sup>1</sup>

(1. 兖州煤业股份有限公司 济宁三号煤矿, 山东 济宁 272169; 2. 中国矿业大学 矿业工程学院, 江苏 徐州 221116)

**[摘要]** 为实现矿井开拓延伸矸石近距离排放, 同时解决“三下”煤难以回采的问题, 济宁三号煤矿经论证后采用了矸石充填综采工艺。通过在63<sub>下</sub>04(南)-1工作面的实际应用, 表明该工艺在实际操作中是可行的, 很好地解决了矸石排放难的问题, 减少了生产成本, 提高了煤炭资源的采出率, 取得了较好的经济效益, 具有很广的发展前景。

**[关键词]** 矸石充填 “三下”开采; 大采高; 采出率

**[中图分类号]** TD823.7 **[文献标识码]** B **[文章编号]** 1006-6225(2013)04-0085-03

## Research on Full-mechanized Mining Technique with Gangue Stowing and Its Application

兖矿集团济宁三号煤矿井下辅助运输主要采用无轨防爆胶轮车, 很少一部分采用有轨运输。随着矿井开拓延伸, 矸石排放运输环节增加, 难度日益增大, 给生产造成了很大地制约。为不影响生产, 矸石一部分随胶带进入煤流, 增加了煤的灰分, 提高了洗选难度, 增加了生产成本。同时, 矸石从井下提升至地面堆积, 形成煤矿特有的“矸石山”。矸石大量排放堆积对人类的生存环境和条件带来很大威胁与危害, 主要表现在: 侵占土地、污染环境、危害人类安全。为解决上述难题, 济宁三号煤矿经论证后采用了矸石充填综采工艺, 按就近原则设计一工作面, 将矸石集中、破碎后充入工作面采空区, 既实现了矸石近距离排放、不上井的绿色开采, 又实现了“三下”煤的回收, 提高了煤炭资源采出率, 减少了地表沉降。

## 1 充填工作面概况

63<sub>下</sub>04(南)-1工作面位于济宁三号煤矿工业广场西北部, 辛店村以东, 南阳湖堤从工作面南部穿过。地表大部分为农田, 工作面在南阳湖堤和辛店村的保护煤柱下, 回采后将对其产生一定影响。地面标高+33.0~+33.3m, 工作面标高-639.0~-663.0m。该面东邻63<sub>下</sub>03工作面采空区, 西为实体煤, 北邻63<sub>下</sub>04采空区, 设计停采线向南距六采辅运巷巷中107.0m(见图1)。

工作面回采煤层为山西组煤3<sub>下</sub>, 结构较简单, 属半暗~半亮型煤, 层状构造, 硬度系数 $f=1\sim 2$ , 厚度3.0~4.9m, 平均厚度3.5m, 倾角0~8°。

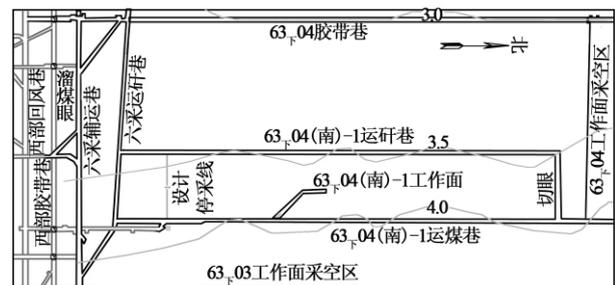


图1 综采充填工作面巷道布置

工作面为低瓦斯区域; 地温正常区; 煤尘有爆炸危险, 爆炸指数为41.15%; 煤有自然发火倾向, 自然发火期为3~6个月。

煤岩层总体趋势呈现南高北低的单斜构造, 局部伴生宽缓的波状起伏。共发育断层10条, 落差大于3.0m的断层2条, 最大落差6.5m, 断层在采区内延展长度8.0~523.0m。根据井巷工程揭露情况, 走向以南北向为主, 延展长度一般较长, 落差变化较小, 以张性正断层为主。

## 2 充填工艺

## 2.1 设备配套

综采充填工作面设备的正确选型配套, 是充分发挥其生产效能, 达到高产高效和经济可靠运行的前提, 是工作面生产的关键。关键设备主要由采煤机、液压支架、刮板输送机、充填运输机、矸石转载机等组成。这些设备结构上互相配合和联系, 具有较强的配套要求和较高的可靠性要求。组成综采充填工作面成套设备的每一种机械设备, 都有严格限定的适用条件, 如煤层的厚度、倾角、局部构造

[收稿日期] 2013-01-21

[作者简介] 陈勇(1977-), 男, 山东滕州人, 硕士, 高级工程师, 现从事煤矿生产技术管理工作。

情况、顶板和底板的岩性等。正确的选型配套是高产、高效、经济和安全生产的前提与保障。济宁三号煤矿综采充填工作面是为满足西区开拓岩石的近距离快速排放，其不能影响掘进工作面排矸，根据实际情况进行了设备选取（见表 1）。

表 1 综采充填工作面设备明细

名称	型号
液压支架	ZZC10000/20/40 型六柱支撑式充填液压支架
采煤机	MG300/700-QWD 型电牵引采煤机
前部刮板输送机	SGZ764/200
转载机	SZZ-800/200
破碎机	PLM2000
运煤胶带输送机	DTL100/100/1×200
充填输送机	SGBC764/250
矸石转载机	GSZZ-800/15S
供矸胶带输送机	SSJ800/2×75A

### 2.2 矸石处理

济宁三号煤矿综采充填工作面矸石经过充填运输机中部槽的卸料孔，落入采空区。矸石主要来自西区开拓，但掘进矸石块度大，不能满足充填运输机的要求。为解决上述问题，同时实现较好的充填效果，将矸石集中排放至西部回风巷的矸石仓内。矸石仓下方安装 2PLF90/150 煤用分级式齿辊破碎机，将矸石粒度控制在 100mm 以下，破碎后的矸石通过供矸胶带输送机运送到工作面运矸巷，经矸石转载机将矸石转至悬挂在充填液压支架后顶梁上的充填运输机机尾。

### 2.3 充填工艺

工作面首先进行割煤，割煤步距 600mm，割煤时严格控制顶底板，尽量不留顶煤，以防留下隐患，顶底板要割平。割煤后及时拉液压支架、矸石转载机，留出后部空间进行充填。充填工作主要靠安装在充填液压支架上的充填运输机和压实机构共同完成的。矸石进入矸石输送机后，通过溜槽上的卸料孔将矸石放入采空区，通过压实机构实现矸石充填。充填时一般同时打开 4~6 个卸料孔，当靠机尾侧的卸料孔下方的矸石堆积到一定高度后，及时关闭，用压实机构进行捣实，捣实时要连续捣 2~3 次，以确保捣实质量。捣实完后及时打开卸料孔，卸料、捣实，直至整个工作面全部充完。充填完后，将矸石输送机前移，移完后及时捣实一遍；割煤移架后，再进行捣实，完成 1 个循环。

济宁三号煤矿综采充填工作面共 55 组液压支架，在充填时，机尾段 5~10 组、机头段 2 组支架最后充填，以防止漏矸进入设备检修通道内，预留支架及时捣实，以防矸石大量堆积造成压实机构推移困难。

实践证明，较合适的方式是“一刀一充”，有

利于顶板的管理，确保了捣实度。当顶板条件较差时，要及时上金属网，以防顶板冒落，难以充填。在矸石供应量大的情况下，为赢得时间、不影响生产，可边充填边割煤，充填完后及时移架。当矸石量充足，顶板条件好的情况下，可采取“两刀一充”的充填工艺，完全是可行有效的。

### 3 效果监测

为研究 63<sub>下</sub>04（南）-1 充填工作面六柱式充填液压支架工作阻力随工作面推进的变化规律，沿工作面液压支架上布置 6 台工作阻力监测仪。同时，为了监测夯实机的工作状况，在工作面的液压支架上均匀布置 10 台夯实机夯实力监测仪。

为实现 63<sub>下</sub>04（南）-1 充填开采工作面巷道顶底板及两帮移近量、煤体超前支承压力、锚杆（索）锚固力、两巷顶板离层、超前支护单体支柱工作阻力监测，掌握工作面充填之后两巷矿压显现的变化，在两巷距离工作面一定范围内布置 6 个巷道表面位移监测站，安装 8 台单体支柱压力监测仪、12 台顶板离层在线监测仪、12 台锚杆（索）应力在线监测仪，分别对充填开采工作面支柱工作阻力、两巷顶板离层情况、两巷顶底板及两帮移近量、两巷锚杆（索）锚固力进行观测；同时在工作面前方煤体中按一定间距及孔深布设 24 台钻孔应力计，对煤体超前支承压力进行监测。其中单体支柱压力监测仪采用红外线手动采集，锚杆（索）锚固力、顶板离层监测均为在线实时监测。

为观察地表下沉，地面设观测站，及时了解下沉情况。通过井上下实际观测及数据整理分析，综采充填工作面回采后，顶板下沉量小，工作面压力较小（图 2），两巷矿压显现不明显（图 3、图 4），地表下沉微弱，仅有 70mm，充填体起到了很好的支撑作用。

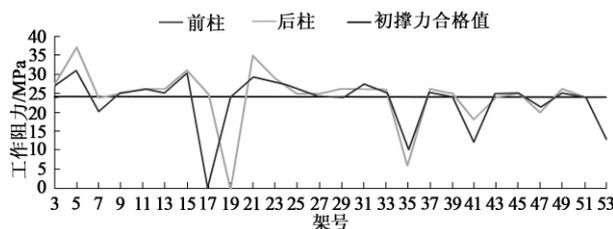


图 2 工作面支护质量监测

### 4 效益分析

矸石充填综采成套技术研究设备投入费用 5040 万元，工程投入费用 1678 万元，其他费用总计为 1506 万元，共计 8224 万元。济宁三号煤矿充

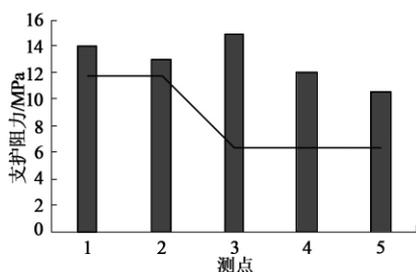


图 3 运矸巷单体阻力监测

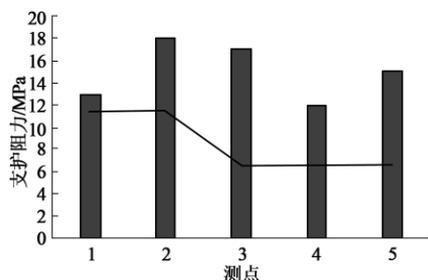


图 4 运煤巷单体阻力监测

填区为南阳湖堤和辛店村的保护煤柱,共 3 个充填工作面,可采煤量为 502kt,按照每吨煤利润 300 元计算,约为 15060 万元,经济效益显著。同时,减少了矸石提升运输费用、矸石的排放费用、村庄搬迁费用及建筑物维护费等费用。

工作面的成功开采解放了村庄下压煤,减少了煤炭损失,提高了资源采出率,延长了矿井服务年限,促进矿井高效、安全的可持续发展。矸石的井下处理,减少了矸石地面堆积对耕地的侵占,消除矸石自燃对环境的污染及地表的破坏,为地面矸石山、建筑垃圾堆放,地表因开采而下沉等造成的环

(上接 93 页)

- [2] 靳晓光,王建华,康 勇,等. 高速公路压煤区安全煤柱留设及其对路基稳定性的影响 [J]. 中国地质灾害与防治学报, 2005, 16 (1): 93-98.
- [3] 王 猛,题正义. 高速公路保护煤柱开采方案可行性分析 [J]. 辽宁工程技术大学学报, 2008 (S1): 1-3.
- [4] 国家煤炭工业局. 建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设及压煤开采规程 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2000.

(上接 99 页)

增大而导致采动裂隙直接波及第四系孔隙含水层,5 煤综放开采时应按试采要求进行管理。

#### [参考文献]

- [1] 康永华,孔凡铭. 巨厚含水砂层下顶水综放开采试验 [J]. 煤炭科学技术, 1998, 26 (9): 35-38.
- [2] 天地科技股份有限公司开采设计事业部. 老公营子煤矿第四系含水层下安全开采技术研究 [R]. 北京, 2010.

境污染问题,提供了有效地解决途径,具有较好的社会效益和环境效益。

#### 5 结论

矸石充填综采工艺,解决了矸石排放难的问题,为解决建筑物下开采提供了一定的经验,减少了对环境的破坏,具有良好的经济效益和社会效益。同时,有利于提高采区煤炭资源的采出率,延长矿井服务年限。矸石充填综采工艺仍在发展阶段,尚不成熟,需要进一步完善、优化。济宁三号煤矿矸石充填综采工艺应用的成功,为全国类似工作面的回采提供了借鉴经验,其意义重大,具有较好地推广空间。

#### [参考文献]

- [1] 钱鸣高,许家林,缪协兴. 煤矿绿色开采技术 [J]. 中国矿业大学学报, 2003, 32 (4): 343-348.
- [2] 田德凤,魏训涛. 济三煤矿综合机械化矸石充填开采技术应用 [J]. 现代矿业, 2011 (5).
- [3] 曹淑良. 复杂条件煤层轻型综采工艺研究 [D]. 青岛: 山东科技大学, 2006.
- [4] 邹友峰,邓喀中,马伟民. 矿山开采沉陷工程 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2003.
- [5] 胡炳南,张文海,高庆潮,等. 矸石充填巷式开采永久煤柱试验研究 [J]. 煤炭科学技术, 2006, 34 (11): 46-48.
- [6] 张文海,张吉雄,赵计生,等. 矸石充填采煤工艺及配套设备研究 [J]. 采矿与安全工程学报, 2007, 24 (3): 79-83.
- [7] 徐永圻. 煤矿开采学 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 1999.

[责任编辑: 徐乃忠]

- [5] 张华兴,李金柱. 提高条带开采法采出率的方法研究 [J]. 煤炭科学技术, 1997, 26 (3): 2-4, 60.
- [6] 张华兴,赵有星. 条带开采研究现状及发展趋势 [J]. 煤矿开采, 2000, 5 (3): 5-7, 4.
- [7] 胡炳南. 我国煤矿充填开采技术及其发展趋势 [J]. 煤炭科学技术, 2012, 40 (11): 1-5, 18.
- [8] 许家林,轩大洋,朱卫兵. 充填采煤技术现状与展望 [J]. 采矿技术, 2011 (3): 24-30.

[责任编辑: 李 青]

- [3] 北京开采所. 煤矿地表移动与覆岩破坏规律及其应用 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1981.
- [4] 康永华,黄福海,席京德. 综采重复开采的覆岩破坏规律 [J]. 煤炭科学技术, 2001, 29 (1): 22-24.
- [5] 许延春,李俊成,刘世奇,等. 综放开采覆岩“两带”高度的计算公式及适用性分析 [J]. 煤矿开采, 2011, 16 (2): 4-7.
- [6] 滕永海. 综放开采导水裂缝带的发育特征与最大高度计算 [J]. 煤炭科学技术, 2011, 39 (4): 118-120.

[责任编辑: 徐乃忠]